



TITLE:

地球規模での水循環・水利用を考慮した流域水管理モデルの策定

AUTHOR(S):

小尻, 利治

CITATION:

小尻, 利治. 地球規模での水循環・水利用を考慮した流域水管理モデルの策定. 2004

ISSUE DATE:

2004-03

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/85131>

RIGHT:

p.7-173は学術雑誌掲載論文の抜き刷り、出版社に著作権許諾が得られていないため未掲載。

地球規模での水循環・水利用を考慮した

流域水管理モデルの策定

(課題番号：14595004)

平成 14 年度～平成 15 年度科学研究費補助金（基盤研究 C（2））

研究成果報告書



平成 16 年 3 月

研究代表者 小尻 利治

(京都大学防災研究所教授)

目 次

はしがき	. . . . .	1
研究組織・研究経費	. . . . .	2
研究発表		
・ 学会誌等	. . . . .	3
・ 執筆等	. . . . .	3
・ 口頭発表	. . . . .	4
研究の経緯と成果の概要	. . . . .	5
研究成果		
・ BASEN-WIDE ENVIRONMENTAL QUALITY ASSESSMENT BASED ON DISTRIBUTED RUNOFF MODEL		7
・ INTEGRATED RIVER BASIN ENVIRONMENT ASSESSMENT TROUGH HYBRID SIMULATION PROCESSES		17
・ SYSTEM DYNAMICS OF REGIONAL WATER RESOURCES CONSIDERING DISTRIBUTED RUNOFF MODEL		29
・ WORLD CONTINENTAL MODELING CONSIDERING WATER RESOURCES USING SYSTEM DYNAMICS		41

は し が き

近年、温室効果ガスによる地球温暖化や NO_x 、酸性雨などによる生態系変化など、地球環境の保全が社会問題となっている。IPCC、アジェンダ 21、World Water Council 等、国際的にも種々の会議、グループが組織され、その影響と対策の検討が始められている。そうした成果は World Water Vision や国土庁の「健全な水循環系の保全」などに反映されている。しかし、気象・水文特性の変動に関しては、気温、降水量にシナリオを仮定した解析が中心であり、(気圏－水圏－地圏)－(人間系－植生系－生態系)相互間の影響をモデル化した解析はほとんど行われていない。そこで、本研究では、気候変動下での水循環系、水資源系のモデル化を物理的、生態的観点より行い、持続可能、健全な流域管理を提案しようとするものである。すなわち、GCM 出力と流域水循環との関係構造、水循環が GCM へフィードバックするためのシステムダイナミックスの構築と運用に際してのリスク管理を解明するものである。特に、流域モデルでは、高水から低水までを連続的に対象とし、家庭・産業からの化学物質の発生・移流・濃縮などの諸過程、そうした化学物質の体内蓄積・食物連鎖・生存確立の評価、ならびに、都市内を含む流域全体を対象に大気から表流水・地下水までの、多次元でのモデル化を目指すものである。

研究組織

研究代表者：

小尻 利治 京都大学・防災研究所・教授

研究分担者：

友杉 邦雄 京都大学・防災研究所・助教授

田中 賢治 京都大学・防災研究所・助手

福島 武彦 広島大学（現筑波大学）・地球系・教授

分担課題：

小尻 利治 ・総括

・地球規模水資源システムダイナミックスの定式化

友杉 邦雄

・水量、水質、生態系を考慮した流域シミュレーション

田中 賢治

・GCM と人間－水利用系の相互作用の定式化

福島 武彦

・都市、農地での水利用・排水過程を考慮した水循環モデル

交付決定額(配分額)

(金額単位:千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成14年度	2,000	0	2,000
平成15年度	1,200	0	1,200
総計	3,200	0	3,200

研究発表

・ 学会誌等

- 小尻利治・小林 稔：GIS を利用した分布型流出モデルによる水量、水質の推定、土木学会河川技術論文集、第 8 巻、pp.431-436、2002
- 東海明宏・小尻利治・吉川仁恵：分布型流出モデルをベースとした生態水質モデルによる流域環境評価、第 6 回水資源に関するシンポジウム論文集、pp. 229-234、2002
- Kojiri, T., Y. Kinai, J-H. Park: Integrated River Basin Environment Assessment On Water Quantity And Quality By Considering Utilization Processes, Proc. of Intl Conf. of Water Resources and Environment Research, Vol.I, Dreseden, pp.396-401, 2002.
- Tamura, N., T. Kojiri and K. Tomosugi: Water quantity and turbidity simulation with distributed runoff model in the Yellow River basin, Flood Defence '2002, Vol.II, pp. 1699-1705, 2002
- Chaves, P., T. Kojiri: Storage Reservoir Planning Considering Water Quantity and Quality, Proc. of the 13th IAHR-APD Congress, Vol.II, Singapore, pp.1042-1047, 2002.
- Noriatsu Ozaki, Takehiko Fukushima, Hideo Harasawa, Toshiharu Kojiri, Katsunori Kawashima and Miyuki Ono: Statistical analysis on the effects of air temperature fluctuations on river qualities, Hydrol. Process, 17, pp.2837-2853, 2003
- Paulo Chaves, Toshiharu Kojiri and Yosuke Yamashiki: Optimization of storage reservoir considering water quantity and quality, Hydrol. Process, 17, pp.2769-2793, 2003
- Kojiri, T., Tokai, A. and Yoshikawa, H.: Basin-wide environmental quality assessment based on distributed runoff model, XXX IAHR Congress, Theme B, pp.231-238, 2003
- Kojiri, T. and Teramura, T.: Integrated river basin environment assessment and planning through hybrid simulation processes, XI IWRA World Water Congress, 2003
- Paulo CHAVES and Toshiharu KOJIRI: Multi-objective Storage Reservoir Operation under Uncertainty, Annuals of Disas.Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Nov. 46 B, pp.899-918, 2003
- 朴珍赫、小尻利治、友杉邦雄：流域環境評価のための GIS ベース分布型流出モデルの展開、水文・水資源学会誌、第 16 巻、第 5 号、pp.541-555、2003.

・ 執筆等

- 小尻利治（共著）：水文大循環と地域水代謝、技報堂出版、pp.72-91、2003
- 小尻利治：気候変動と水資源について（I）、水利科学、No.270、第 47 巻第 1 号）、pp.39-50、2003
- 小尻利治：気候変動と水資源について（II）、水利科学、No.271、第 47 巻第 2 号）、pp.16-5030、2003
- 小尻利治：気候変動と水資源について（III）、水利科学、No.272、第 47 巻第 3 号）、pp.74-86、2003
- 小尻利治：気候変動と水資源について（IV）、水利科学、No.273、第 47 巻第 4 号）、pp.18-34、2003
- 小尻利治：気候変動と水資源について（V）、水利科学、No.274、第 47 巻第 5 号）、pp.79-92、2003
- 小尻利治：21 世紀の水問題と総合流域管理への展開、河川レビュー、No.124、冬季号、pp.4-10、2003

・ 口頭発表・年報等

和佐守紘, 東海明宏, 小尻利治: 化学物質の生態系への影響を考慮した流域環境評価に関する研究, 水文・水資源学会 2003 年研究発表会要旨集, pp. 46-47, 2003.

Chaves, P., T. Kojiri: Multi-objective Storage Reservoir Operation under Uncertainty, Annuals of DPRI, Kyoto Univ., Vol.46 B, pp.899-918, 2003.

研究の経緯と成果の概要

・平成14年度

本研究は、気候変動下での水循環系、水資源系のモデル化を物理的、生態的観点より行い、持続可能、健全な流域管理を提案しようとするものである。すなわち、GCM 出力と流域水循環との相互関係、水循環が GCM へフィードバックするためのシステムダイナミックスの構築と運用に際してのリスク管理を解明するものである。特に、流域モデルでは、高水から低水までを連続的に対象とし、家庭・産業からの化学物質の発生・移流・濃縮などの諸過程、ならびに、都市内を含む流域全体を対象に大気から表流水・地下水までの、多次元でのモデル化を目指すものである。初年度の具体的な研究課題・内容は以下のとおりである。

- (1) 地球規模水資源システムダイナミックの定式化：人間活動と水利用の関係を組み込む水資源システムダイナミックスを提案する。非線型性を強調できるニューラルネットワークとアプリケーションソフトステラとのプログラム構成、感度分析、操作性の比較を行う。
- (2) GCM と人間-水利用系の相互作用の定式化：流域開発、都市化などによる気候変動へのフィードバックを推定し、SD 上での相互作用要素として定式化する。また、ダウンスケーリングによる GCM 出力と水利用モデルを結合させる。
- (3) 水量、水質、生態系を考慮した流域シミュレーション：GIS による都市・流域水循環モデルを定式化し、気象、流域、都市、河川スケールでの水量、水質解析を行う。汚濁物質、化学物質の水域内での発生・流下・変化過程をモデル化する。
- (4) 都市、農地での水利用・排水過程を考慮した水循環モデル：都市内での水道・下水道網を GIS によりネットワーク化し、小規模水循環過程としてモデル化する。同様に、農地での取水・排水過程を定式化し、気温、人口に応じた水利用構造を明らかにする。

平成14年では、資料収集や基本モデルの構築を中心に進めてきた。得られた成果や問題点をまとめると以下ようになる。

水資源システムダイナミックの定式化として、日本（本州）規模でのモデル化と本州を10 kmのメッシュに区切り、流域としての水循環を保存したモデル化を行った。人口は出生、死亡率で与えられ、水質に応じた地域間移動を組み込んだ。気温、降水量による農業生産高の変動も導入しており、地球温暖化による産業活動、環境評価を可能とした。また、6大陸に分割したステラでの世界モデルの試作も行い、単一の全球型ではない流域性を保存した地球規模解析への展開を図っている。

なお、入手した GCM の出力が満足行く精度でなかったため、人間-水利用系の相互作用の定式化を達成することは出来なかった。今後、地域気候モデル MM5 などを利用して相互作用を明らかにするとともに、いくつかの GCM 出力での適用を図り、水資源状況の幅を推定したい。

水量、水質、生態系の流域シミュレーションに関しては、当研究室で提案している Hydro-BEAM の改良を行い、積雪-融雪から導水路、貯水池などの水管理施設の組み込みも可能とした。さらに、地下水や大気モデルとの結合を試みており、世界の地域にあった水循環モデルを作成している。ノニルフェノールなどの環境ホルモンに関しては、水生生物（魚）の内臓蓄積過程モデル(PBPK)とそれによる生存可能性モデルにより、成魚、稚魚、卵からの生存可能性を推定し、人間活動が及ぼす環境影響評価とした。

・平成11年度

研究最終年度であり、流域水管理モデルのとりまとめを行なった。すなわち、流域の環境評価の多目的定式化、現状把握のための流域シミュレーションモデルの開発、気候変動下での水循環系、水資源系の動態モデルとしてのシステムダイナミックスの構築、および、システム設計を行う最適化プログラムである。特に、システムダイナミックスに関しては、日本から世界モデルへの拡張を図った。実施した内容は以下のとおりである。

- (1) 地球規模水資源システムダイナミックの定式化：アプリケーションソフトステラと微分方程式系の従来モデルでの比較を行う。世界を主要な大陸、流域で現し、気候、人間活動と水利用の関係を組み込む水資源システムダイナミックスを提案する。
- (2) GCM と人間－水利用系の相互作用の定式化：流域開発、都市化などによる気候変動へのフィードバックを関数化し、地球規模モデルへの構成要素とする。また、GCM の情報入手、分析し、流域スケールでの分布型入力とする。
- (3) 水量、水質、生態系を考慮した流域シミュレーション：化学物質としてノニルフェノールを取り上げ、河川流出、生物体内蓄積過程を考慮した生存モデルを提案する。地球温暖化の影響としての水質変化、化学物質動態変化を表現しうるモデルを要求し、気候変動下での生存可能性を求める。
- (4) 都市、農地での水利用・排水過程を考慮した水循環モデル：水循環系をベースに、水質、水量、生態系より見た流域管理方法の提案を行う。さらに、最適化手法を導入して流域内のシステム設計、管理方針の提案を図り、健全かつ持続可能な水循環系を明らかにする。

課題（3）に関しては、分布型流出モデルとして Hydro-BEAM (Hydrological River Basin Environment Assessment Model) を開発し、水量、水質、環境ホルモン、生態系でのシミュレーションを可能とした。課題（4）はファジイ理論と Hydro-BEAM をベースとして、水量、水質、景観、親水性を考慮した総合流域管理手順の提案を行った。課題（2）は、Hydro-BEAM をベースに置き、GCM 出力を用いて、2100 年の温暖化状態での流域特性の把握を行った。この3課題は、いずれも日本の河川（庄内川、野洲川、利根川）で適用を行い、そのパラメータの検証と温暖化時の特性をもとめた。課題（1）に関しては、前年度に閉鎖地域（日本の本州）を対象にモデル化の可能性を検討しており、その成果を利用して、今年度は地球規模での適用を図った。地球規模での問題として、細分化することによる計算機への負担が急激に増加することがあげられ、ここでは、大陸を1ユニットとする大陸間での水動態解析を行った。人口の増加から減少への転換と定常化へのプロセスの再現や地域開発による経済成長、資源の有効活用などを考慮することが出来、粗いモデルではあるが、将来の水資源分布状況の推定が可能であった。今後は、より細分化された詳細モデルの開発、人間活動と水移動・気候変動の関係の導入、各種有色水の算定、などを図り将来の水資源状況の推定と対策を提案していきたい。